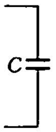
ﾖ大に成長す
しる．
こよって振動
（図14），パ



二つの同じ
ｰ三つの回路
コンデンサ
ｔ中心周波数
：は直流バイ
こするためで
ﾖを少なくす
ぅられる．回
数 $2f$ をもつ
ｰルは互いに
ﾐ電圧が誘起
こ応じて磁心
ｧればインダ
ﾟラメータ共
）非線形特性
の模様を示

— t

— t

ﾞ描いた位相
-方を0相，
ップフロッ
ご，2値論理
ﾖも比較的簡
：の電子計算
した．
（上田）

3. 変復調回路

変復調回路は非線形素子の特性を積極的に利用した装置の一つである．そこで，この章では非線形回路理論の立場から変復調回路の動作原理を考えてみることにする．変調方式の基礎となるものは振幅変調（amplitude modulation）であり，これは搬送波（carrier）の振幅を変調信号 $v(t)$ に対応して変化させようというものである．従って，一般に，被変調波は，

$$v_0(t)=A\{1+kv(t)\}\cos(\omega_c t+\phi)$$

で与えられる．ここで，ω_c は搬送波の角周波数であり，k は変調度を示している．このような変調波は図16に

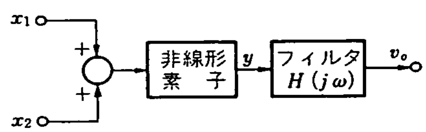


図 16 振幅変調方式

示す非線形特性を直接利用した方法によって発生することができる．いま，非線形素子特性（$y=f(x)$）を次のようなべき級数に展開する．

$$y=a_0+a_1x+a_2x^2+a_3x^2+\cdots$$

$$a_n=\frac{1}{n!}\left.\frac{\partial f}{\partial x}\right|_{x=0}$$

この非線形素子の入力が搬送波（$x_1=v_1\cos\omega_c t$）と信号（$x_2=v(t)$）の和であるならば，

$$y=[a_0+2a_2v(t)]\cos\omega_c t+[a_0+0.5a_2v_1^2+a_1v(t)+a_2v^2(t)+\cdots]+0.5a_2v_1^2\cos 2\omega_c t+\cdots$$

となる．ここで第1項は求めようとしている被変調波であり，第2項以降が変調ひずみを与える．この結果，非線形性が強くなるほど変調度（$k=2a_2/a_0$）は大きいが，変調ひずみもそれだけ大きくなることがわかる．このようにして得られた $y(t)$ は後続の帯域フィルタ $H(j\omega)$ を通過させることにより，ある程度，変調ひずみを取り除くことができる[5]．

図17は平衡変調器のブロック線図を示している．二つの非線形特性が完全に同じであるとすると，

$$y=4a_2v(t)v_1\cos\omega_c t+2a_1v(t)+\cdots$$

となり，この場合の出力は信号 $v(t)$ と搬送波 v_1 の積で表されることがわかる．

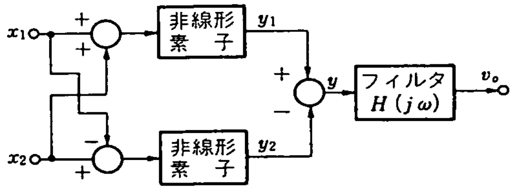


図 17 平衡変調方式

実用的な振幅変調回路としては乗算器を用い
多い[16]．乗算器には非線形特性を直接利用し
差動形乗算器があり，これらを利用した変調方
調（product modulation）と呼ばれている．こ
非線形特性をべき級数に展開すると，

$$y=a_0+a_1x_1+a_2x_2+a_3x_1x_2+[a_4x_1^2+a_5x_2^2 +[a_6x_1^3+a_7x_1^2x_2+a_8x_1x_2^2+a_9x_2^3]+\cdots$$

と書けるが，実際の乗算器では上式の第4項目
視できるように設計されている．即ち，出力は

$$y=a_3x_1x_2$$

となり，図18の積変調回路の出力は平衡変調
である．

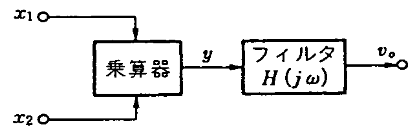


図 18 乗積変調方式

復調回路には被変調波を整流して低域フィル
て信号波だけを取り出す包絡線復調（envelope
lation）方式がある．この場合の波形ひずみの
調回路と同じ原理で行うことができる．

変調方式には振幅変調以外に位相変調（pha
lation），周波数変調（frequency modulation）

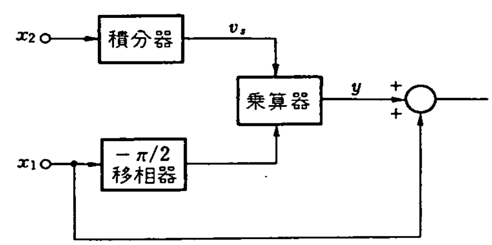


図 19 アームストロングの周波数変調方式

図19には，アームストロング（Armstrong）
変調回路のブロック線図を示す[17]．まず最初
された入力信号

$$v_s(t)=\int v(t)\,dt$$

と，$\pi/2$ だけ位相の遅れた搬送波の乗算により

$$y=Bv_1v_s(t)\sin\omega_c t \quad (B：乗算定数)$$

を発生する．これに搬送波を加えると，

$$v_o(t)=v_1\cos\omega_c t+Bv_1v_s(t)\sin\omega_c t$$
$$=v_1\sqrt{1+Bv_s^2(t)}\sin(\omega_c t+\psi(t))$$
$$\psi(t)=\tan^{-1}Bv_s(t)$$

となり，$Bv_s(t)\ll 1$ のとき，

$$v_o(t)\cong v_1\sin(\omega_c t+Bv_s(t))$$

ここで，瞬時周波数は

$$\Omega(t)=\frac{b}{dt}(\omega_c+Bv_s(t))=\omega_c+Bv(t)$$

で与えられ，周波数変調の得られることがわか